

新潟県中越地震を受けた信濃川発電所の被害と復旧

JR 東日本 正会員 ○滝沢 聡

JR 東日本 正会員 島峰 徹夫

JR 東日本 正会員 池本 宏文

1. はじめに

JR 東日本では水力による信濃川発電所を所有しており、首都圏などの鉄道輸送を支えている。平成 16 年 10 月 23 日の新潟県中越地震により、水路トンネル・橋梁・放水路・電気施設などの被害のほか、朝夕の電車のラッシュアワーに使用する発電量を調整するための 3 つの調整池のフィルダム堤体にも大きな被害を生じた。本文では、この 3 つの調整池のフィルダム堤体における、被害調査、被害原因究明、復旧・強化工事について述べる 1)。

2. 調整池の震災状況と調査

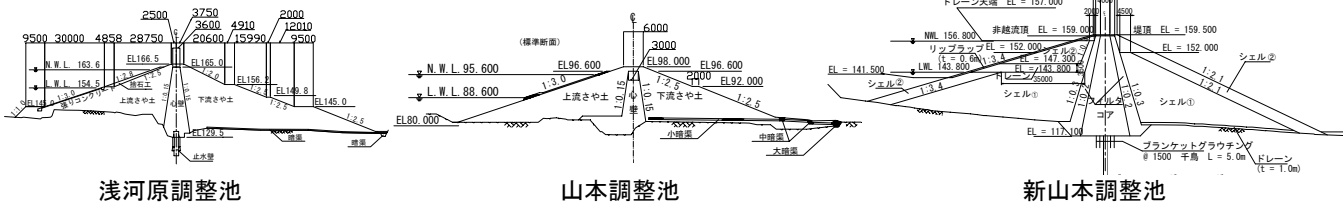
信濃川発電所は、信濃川流域の中流域に位置し、新潟県十日町市から小千谷市にわたって発電施設があり、山本調整池および新山本調整池は、本震震央から 5～6km と極めて近い位置であった。新山本調整池の地震計で本震の記録がうまく取れなかったため、周辺の観測地震波から加速度応答スペクトルを推定した結果、レベル 2 相当の極めて強大な地震動を受けたものと考えられた。

表－1 に各調整池の諸元を示す。浅河原調整池および山本調整池は、現在のダム設計基準である河川管理施設等構造令（1976 年）制定前に築造された古いダムであり、一番大きな新山本調整池は、この設計基準に基づいて築造されている。

表－1 各調整池諸元

	浅河原調整池	山本調整池	新山本調整池
湛水面積	127,000 m ²	161,900 m ²	310,000 m ²
有効貯水容量	853,000 m ³	1,032,000 m ³	3,200,000 m ³
ダム形式	ゾーン型 アースダム	ゾーン型 アースダム	中央遮水壁型 フィルダム
堤体高さ	37.0m	27.13m	42.4m
堤頂長	292.0m	926.6m	1392.0m
堤頂標高	EL166.5m	EL98.0m	EL159.5m
常時満水位(NWL)	EL163.6m	EL95.6m	EL156.8m
最低水位(LWL)	EL154.5m	EL88.6m	EL143.8m
有効水位	9.1m	7.0m	13.0m
法面勾配	上流 1:2.8, 1:3.0 下流 1:2.0, 1:2.5	上流 1:3.0 下流 1:2.5	上流 1:3.4 下流 1:2.1
堤体積	520,900 m ³	538,000 m ³	2,300,000 m ³

被害調査にあたっては、最初に踏査により沈下・亀裂・噴砂等の被害箇所と被害状況を写真とスケッチにより見落としのないように記録した。その作業と並行して測量を行い、堤体の変形や沈下の程度を把握し、その後、それらの資料をもとに、トレンチ掘削による損傷の深さと形状の確認および堤体を極力傷めない泡ボーリングによる深部すべりの存在確認や精密な土質試験等を迅速かつ確実に実施した。



図－1 各調整池標準断面図

浅河原調整池の主な被害は、堤体天端に亀裂が入り、その最大の段差は 53cm であった（写真－1）。詳細な調査の結果、すべりは心壁には達していなく、保護層内で消滅していることが確認できた。また、保護層の盛土材料である砂礫の締固め度がごく緩いことが分かり、このことから、心壁より上の砂礫部分で円弧状のすべりが発生して、亀裂および段差が発生したものと考えられた。



写真－1 堤体天端被災状況

キーワード 新潟県中越地震，フィルダム，震害，復旧

連絡先 〒370-8543 群馬県高崎市栄町 6-26 JR 東日本 上信越工事事務所 T E L 027-324-9361

山本調整池の主な被害は、堤体のほぼ全長にわたって上流側のり面のリップラップに亀裂や噴砂が生じていた。詳細な調査の結果、表層のリップラップの下に薄い粘土層が存在するとともに、その下部には緩い砂層が存在していたため、排水が阻害され、表層の緩い部分でのすべりおよび液状化による噴砂が発生したものと考えられた。

新山本調整池の被害は、堤体が全体的に沈下し、最大沈下量が約 85cm と堤体高さの 2% にもなった。この 2% という値は、過去の大地震によるフィルダムの被害記録と比較しても最大の沈下である。その他、下流面に亀裂、上流面に凹地や噴砂が発生した。

この沈下は、堤体高さとの間に高い相関関係があることなどから、特定のすべりによる変形ではなく、ゆすり込み沈下であると判断した。

最大 85cm もの沈下が生じた理由としては、①フィルタに拘束されていたコアの圧密沈下量が地震によって開放されたこと、②建設時のシェル材は、砂礫であり、1m の仕上げ厚で締固めた各層の上部の密度は大きかったが、下部では密度の小さな部分が存在しており沈下の余地があったことなどが考えられた。

また、砂礫であるシェル材の三軸圧縮試験によれば、密度の少しの違いによる強度の差は大きく、排水試験よりも非排水試験の方がその傾向が著しいという新しい知見を得た。

踏査、測量、トレンチ掘削、ボーリング、土質試験などの結果、これらの変状は表層部のみに限られ、重要な遮水壁（コア）に損傷はなかったことから、レベル 2 地震相当の地震を受けても、ダムの止水機能が維持されていたこと、そしてその損傷は修復範囲にとどまったことから、所要の耐震性能を満足していたと考えられる。

3. 復旧方針と復旧工事

復旧方針は、原形復旧を基本とした。また、被害の発生原因を原則として排除し、今後大きな沈下が生じないように盛立てはよく締固めることとした。図-2 に新山本調整池の復旧断面の模式図を示す。

具体的には、損傷部分を掘削し再度同種の材料で盛り直すこととしたが、用いる段丘砂礫の飽和非排水条件下の三軸試験結果から締固め度の増加によってせん断強度が著しく増加するという新しい知見を得て、耐震強化の観点から一層の締固め厚を建設時の半分である 50cm とし、沈下が収束傾向を示すまで締固めた。また、昭和 51 年の

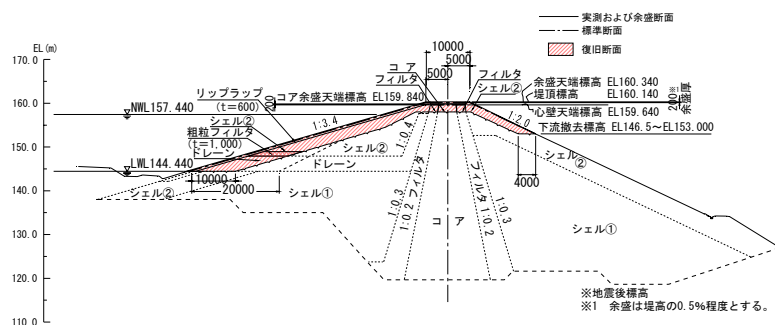


図-2 新山本調整池復旧断面図

河川管理施設等構造令制定前に建設された浅河原調整池（昭和 20 年）および山本調整池（昭和 29 年完成）の二つの調整池についても、現在の技術レベルで再検討した。復旧後のすべり安定性について、地震力を静的震度に変換した極限釣合合法による円弧すべり安定解析法により示すとともに、堤体高さの嵩上げやリップラップ（捨石工）を堤体天端まで施工して耐震性能が向上するように復旧した。

4. まとめ

史上、極めて稀ともいえる強大な地震動を受けた信濃川発電所の復旧にあたり、ダム堤体の被害を各種調査で発生原因を突き止め、その発生原因を排除し、耐震強化となる復旧計画を策定した。工事終了後、試験湛水を行い、間隙水圧計などの埋設計器や漏水量などから、復旧方法が適切であったことを最終確認した。

平成 18 年 3 月 14 日からは、浅河原・山本・新山本調整池の 3 つの調整池は地震前の機能を取り戻し、地震後 507 日で完全復旧した。現在、首都圏などの輸送を支えるクリーンなエネルギーを供給する役目を果たしている。レベル 2 相当の地震動を受けたフィルダムの被災状況および調査方法、復旧方法について、今後の参考となれば幸いである。

〔参考文献〕 1) 東日本旅客鉄道株式会社：信濃川発電所復旧工事技術専門委員会報告書，2006.5